

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002162

International filing date: 14 February 2005 (14.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-038951
Filing date: 16 February 2004 (16.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 April 2005 (07.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

17.02.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 2月16日
Date of Application:

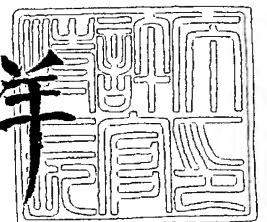
出願番号 特願2004-038951
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2004-038951]

出願人 独立行政法人科学技術振興機構
Applicant(s):

2005年 3月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 10408813
【提出日】 平成16年 2月16日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 29/43
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県岡崎市竜美南 2 - 4 - 1 , 2 - 3 3
 【氏名】 夢田 博一
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県岡崎市明大寺町字池下 1 1 シャトー・葵 3 A
 【氏名】 坂上 知
【特許出願人】
 【識別番号】 503360115
 【氏名又は名称】 独立行政法人科学技術振興機構
【代理人】
 【識別番号】 100095670
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小林 良平
【選任した代理人】
 【識別番号】 100077171
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 竹内 尚恒
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 019079
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0316560

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

- a) 表面に絶縁膜が形成されたゲート電極と、
 - b) 前記絶縁膜上に配置され、仕事関数が4.26eV以下である電子注入材料から成るドレイン電極と、
 - c) 同じく前記絶縁膜上に前記ドレイン電極から離間して配置され、仕事関数が4.26eVよりも大きい正孔注入材料から成るソース電極と、
 - d) 前記ドレイン電極と前記ソース電極、及びその間の領域を覆うように、前記絶縁膜上に設けられた、有機半導体から成る発光体層と、
- を有することを特徴とする発光型トランジスタ。

【請求項 2】

前記ソース電極及びドレイン電極が、各々、前記電子注入材料と前記正孔注入材料を同じ順序で積層したものであることを特徴とする請求項 1 に記載の発光型トランジスタ。

【請求項 3】

前記ソース電極が、前記電子注入材料から成る接着基層を前記正孔注入材料で覆って成ることを特徴とする請求項 1 に記載の発光型トランジスタ。

【請求項 4】

前記ドレイン電極が、前記正孔注入材料から成る接着基層を前記電子注入材料で覆って成ることを特徴とする請求項 1 に記載の発光型トランジスタ。

【請求項 5】

前記電子注入材料がアルミニウム、マグネシウム、カルシウム、若しくはマグネシウム-銀合金のいずれか又はそれらの組み合わせであることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の発光型トランジスタ。

【請求項 6】

前記正孔注入材料が金、白金、インジウム錫酸化物、クロム若しくはニッケルのいずれか又はそれらの組み合わせであることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の発光型トランジスタ。

【請求項 7】

- a) 表面に絶縁膜が形成されたゲート電極と、
 - b) 前記絶縁膜上に配置され、仕事関数が4.26eV以下である電子注入材料から成るドレイン電極と、
 - c) 同じく前記絶縁膜上に前記ドレイン電極から離間して配置され、仕事関数が4.26eVよりも大きい正孔注入材料から成るソース電極と、
 - d) 前記ドレイン電極と前記ソース電極、及びその間の領域を覆うように、前記絶縁膜上に設けられた、有機半導体から成る発光体層と、
 - e) 前記ドレイン電極とソース電極の間に設けた、前記発光体層において発光する光を回折する回折格子と、
- を備えることを特徴とするレーザ光源。

【請求項 8】

前記回折格子がドレイン電極とソース電極間の前記ゲート電極上に形成されたものであることを特徴とする請求項 7 に記載のレーザ光源。

【請求項 9】

- a) 表面に絶縁膜が形成されたゲート電極と、
- b) 前記絶縁膜上に配置され、仕事関数が4.26eV以下である電子注入材料から成る櫛形のドレイン電極と、
- c) 仕事関数が4.26eVよりも大きい正孔注入材料から成る櫛形の電極であって、前記絶縁膜上に、該電極の櫛の歯と前記ドレイン電極の櫛の歯により回折格子を形成するように該ドレイン電極から離間して配置されたソース電極と、
- d) 前記ドレイン電極と前記ソース電極、及びその間の領域を覆うように、前記絶縁膜上に設けられた、有機半導体から成る発光体層と、

を備えることを特徴とするレーザ光源。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光型トランジスタ

【技術分野】

【0001】

本発明は、電界効果トランジスタと発光素子の機能を併せ持つ発光型トランジスタに関する。

【背景技術】

【0002】

ディスプレイ等に用いられる発光素子として、有機物を発光体層に用いた有機発光ダイオード (Organic Light Emitting Diode: OLED) が実用化されている。OLEDを用いることにより、インクジェット法等の簡単な方法で製造することができ、大面積且つフレキシブルであり、液晶ディスプレイよりも高輝度且つ省電力のディスプレイを得ることができる。

【0003】

また、このようなディスプレイOLEDを制御するスイッチング素子の1つに、有機物をチャネル層に用いた有機電界効果トランジスタ (Organic Field Effect Transistor: OFET) がある。しかし、OLEDとOFETを組み合わせたディスプレイを製造しようとする、製造プロセスが複雑になる。

【0004】

そこで、OLEDとOFETの機能を兼ね備えた素子である発光型トランジスタ (Light Emitting Field Effect Transistor: LEFET) が検討されている。LEFETは、それ自体が発光し、その発光のON/OFFがゲート電圧のON/OFFにより制御できるものである。このような素子をディスプレイに用いることにより、1個の素子で発光とその制御を共に行うことができるため、上記のようにOLEDとOFETという2つの素子を組み合わせて用いる必要がなくなる。従って、ディスプレイの構造や製造プロセスを簡素化することができ、製造コストを削減することができる。また、素子をより高密度に配置することができ、それにより画像の解像度を高くすることができる。

【0005】

非特許文献1及び2には共に、LEFETの一例について記載されている。これらの文献に示されたLEFETの構成について、その断面図である図1を用いて説明する。ゲート電極11上に絶縁膜12が積層され、絶縁膜12上にソース電極14及びドレイン電極15が配置される。ソース電極14及びドレイン電極15には、非特許文献1及び2のいずれにおいても金を用いている。また、非特許文献2のLEFETでは、ソース電極14及びドレイン電極15と絶縁膜12の間に、これらの電極を絶縁膜12に接着するための、クロムから成る接着層131及び132が介挿される。絶縁膜12の上に、ソース電極14及びドレイン電極15に接するように、有機物から成る発光体層16が配置される。発光体層16は、非特許文献1のLEFETではヨウ化鉛系層状ペロブスカイト化合物である ($\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3$) 2PbI_4 から成り、非特許文献2のLEFETではテトラセンから成る。

【0006】

【非特許文献1】 八尋正幸、他2名、「層状ペロブスカイト自己組織化膜を用いた有機FETの発光及び電気特性」、信学技報、社団法人電子情報通信学会、2002年、OME2002-54号、37~41ページ

【非特許文献2】 A. Hepp、他5名、「テトラセン薄膜を用いた発光電界効果トランジスタ」、フィジカル・レビュー・レターズ、(米国)、アメリカ物理学会、2003年10月10日、第91巻、第15号、157406-1~157406-4頁 (A. Hepp et al., "Light-Emitting Field-Effect Transistor Based on a Tetracene Thin Film", Physical Review Letters, American Physical Society, vol. 91, pp. 157406-1 - 157406-4 (2003))

【0007】

このLEFETの動作を説明する。ゲート電極11に負のゲート電圧 V_G を印加しつつ、ソース電極14-ドレイン電極15間に電圧 V_{SD} を印加する。ここで、ソースドレイン間電

圧 V_{SD} は、通常のFETよりも高い数十V～百数十Vとする。電圧 V_{SD} の印加により、ソース電極14から発光体層16に正孔が注入される。この正孔はゲート電圧 V_G により絶縁膜12側に引きつけられつつ、ドレイン電極15に向かう。一方、ドレイン電極15からは、発光体層16に電子が注入される。ここで注入される電子の数は、ソース電極14から注入される正孔の数よりも少ないことから、その量を確保するために上記のように電圧 V_{SD} を高くしている。こうして注入された正孔と電子はドレイン電極15の近傍の発光体層16内で再結合し、これにより発光体が発光する。ゲート電圧 V_G のON/OFFにより、絶縁膜12の近傍の正孔濃度が大きく/小さくなるため、それにより正孔と電子の再結合のON/OFF、即ち発光のON/OFFが制御される。

【0008】

上記のように、LEFETではドレイン電極から発光体層に電子を注入するために通常のFETよりも高いソースドレイン間電圧を印加している。それでもなお、従来のLEFETでは、ソース電極からの正孔の注入量に比べてドレイン電極からの電子の注入量が不十分であることから、発光強度が不十分である。また、このような高電圧が印加されるうえ、電子と再結合しない正孔による無駄な電流が大きいため、消費電力が大きく、発光効率も低い。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明が解決しようとする課題は、十分な発光強度を得ることができ、より消費電力が小さく発光効率が高い発光型トランジスタを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために成された本発明に係る発光型トランジスタは、

- a) 表面に絶縁膜が形成されたゲート電極と、
 - b) 前記絶縁膜上に配置され、仕事関数が4.26eV以下である電子注入材料から成るドレイン電極と、
 - c) 同じく前記絶縁膜上に前記ドレイン電極から離間して配置され、仕事関数が4.26eVよりも大きい正孔注入材料から成るソース電極と、
 - d) 前記ドレイン電極と前記ソース電極、及びその間の領域を覆うように、前記絶縁膜上に設けられた、有機半導体から成る発光体層と、
- を有することを特徴とする。

【0011】

本発明に係る発光型トランジスタをレーザ光源として用いることができる。本発明に係るレーザ光源の第1の態様のものは、

- a) 表面に絶縁膜が形成されたゲート電極と、
 - b) 前記絶縁膜上に配置され、仕事関数が4.26eV以下である電子注入材料から成るドレイン電極と、
 - c) 同じく前記絶縁膜上に前記ドレイン電極から離間して配置され、仕事関数が4.26eVよりも大きい正孔注入材料から成るソース電極と、
 - d) 前記ドレイン電極と前記ソース電極、及びその間の領域を覆うように、前記絶縁膜上に設けられた、有機半導体から成る発光体層と、
 - e) 前記ドレイン電極とソース電極の間に設けた、前記発光体層において発光する光を回折する回折格子と、
- を備えることを特徴とする。

【0012】

本発明に係るレーザ光源の第2の態様のものは、

- a) 表面に絶縁膜が形成されたゲート電極と、
- b) 前記絶縁膜上に配置され、仕事関数が4.26eV以下である電子注入材料から成る櫛形のドレイン電極と、
- c) 仕事関数が4.26eVよりも大きい正孔注入材料から成る櫛形の電極であって、前記絶縁

膜上に、該電極の櫛の歯と前記ドレイン電極の櫛の歯により回折格子を形成するように該ドレイン電極から離間して配置されたソース電極と、

d) 前記ドレイン電極と前記ソース電極、及びその間の領域を覆うように、前記絶縁膜上に設けられた、有機半導体から成る発光体層と、

を備えることを特徴とする。

【発明の実施の形態及び効果】

【0013】

上記のように、従来のLEFETにはドレイン電極から発光体層へ十分な数の電子を供給できないという問題点があることから、本願発明者はドレイン電極の材料の仕事関数に着目した。仕事関数は金属のフェルミ準位と真空準位との差により定義され、この値が小さいほど、金属から外部への電子の放出が容易になる。従って、ドレイン電極の材料に仕事関数の小さい金属を用いることにより、金属から発光体層への電子の供給量を増加させることができる。そして、本願発明者は、従来の金（仕事関数は5.31eV～5.46eV）電極の代わりに、少なくとも表面の一部にアルミニウム（仕事関数は4.06～4.26eV）を有する電極を用いれば発光強度及び発光効率を高めることができることを、実験により明らかにした。従って、本発明では、アルミニウム又はそれよりも仕事関数が小さい材料、即ち仕事関数が4.26eV以下である材料をドレイン電極に用いる。そのような材料には、アルミニウムの他にマグネシウム、カルシウム、マグネシウム－銀合金等がある。

【0014】

ドレイン電極は電子注入材料が発光体層に接してさえいれば、そこから発光体層への電子の供給量を増加させることができる。従って、ドレイン電極は電子注入材料のみから成るものには限られず、電子注入材料と他の材料を組み合わせたものから構成してもよい。例えば、電子注入材料と他の材料が積層したものや、他の材料の表面に電子注入材料を被覆したもの等を用いることができる。また、複数種類の電子注入材料を組み合わせてもよい。

【0015】

一方、ソース電極は、正孔を発光体層に効率よく注入するために、仕事関数の大きい材料で構成する。そのため、この材料（正孔注入材料）には仕事関数がアルミニウムよりも大きい、即ち4.26eVよりも大きいものを用いる。従来のLEFETで用いられている金電極は本発明のLEFETのソース電極に好適に用いることができる。また、例えば白金、インジウム錫酸化物(ITO)、クロム、ニッケル等も正孔注入材料に好適に用いることができる。また、ドレイン電極の場合と同様に、正孔注入材料と他の材料を組み合わせたものからソース電極を構成してもよい。

【0016】

ソース電極及びドレイン電極を、各々、前記電子注入材料と前記正孔注入材料を同じ順序で積層した構成とすることにより、両電極を同時に作製できるため、製造工程を簡素化することができる。この場合、ソース電極では主に正孔注入材料が正孔の注入に寄与し、ドレイン電極では主に電子注入材料が電子の注入に寄与する。また、積層の順序は問わないが、電極を絶縁膜上に接着する場合には、該絶縁膜との接着性がよい方の材料を下側とすることが望ましい。

【0017】

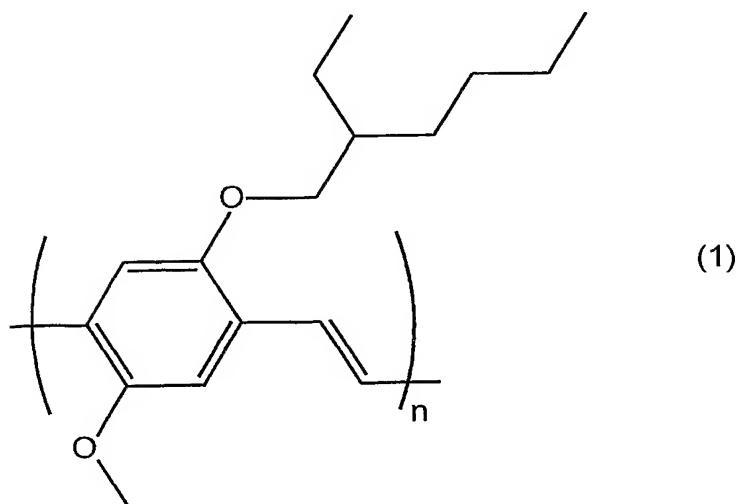
また、正孔注入材料よりも電子注入材料の方が絶縁膜との接着性がよい場合には、ソース電極が前記電子注入材料から成る接着基層を前記正孔注入材料で覆って成るものであることが望ましい。この場合、ソース電極、ドレイン電極共に、電子注入材料により絶縁膜に接着されるため、接着性がよい。また、ソース電極の接着基層とドレイン電極を同時に作成できるため、製造工程を簡素化することができる。同様に、電子注入材料よりも正孔注入材料の方が絶縁膜との接着性がよい場合には、ドレイン電極が前記正孔注入材料から成る接着基層を前記電子注入材料で覆って成るものであることが望ましい。

【0018】

ゲート電極及び絶縁膜には、従来のLEFETと同様のものを用いることができる。例えば

、通常のシリコン半導体よりも不純物のドーパ量を増やして電気抵抗を低くしたn型シリコンをゲート電極として用い、その表面を酸化処理して形成した酸化膜を絶縁膜として用いることができる。また、発光体層の有機半導体にも、従来のLEFET、OFET或いはOLEDと同様のものを用いることができる。例えば、橙色の発光を得る場合には、化学式(1)

【化1】



で表される poly(2-methoxy, 5-(2'-ethyl-hexoxy)-1, 4-phenylenevinylene) (略称: MEH-PPV) を好適に用いることができる。また、非特許文献 1 及び 2 に記載の $(C_6H_5C_2H_4NH_3)_2PbI_4$ やテトラセン等も用いることができる。

【0019】

本発明のLEFETの動作は、基本的には従来のLEFETの動作と同様である。ゲート電極から負のゲート電圧を印加しつつソース電極-ドレイン電極間に電圧を印加すると、ソース電極から発光体層に正孔が注入されると共に、ドレイン電極から発光体層に電子が注入される。発光体層中の正孔はゲート電圧によりゲート電極側に引きつけられつつ、ソース-ドレイン間電圧によりドレイン電極側に移動し、電子と再結合する。これにより発光体が発光する。ゲート電圧をON/OFFすることにより、絶縁膜近傍の正孔濃度が変化し、それにより発光のON/OFFが制御される。

【0020】

本発明のドレイン電極は、上記のように従来の金電極よりも電子をより容易に発光体層に注入することができるため、従来と同程度のソース-ドレイン間電圧を印加すれば、従来よりも発光強度を大きくすることができる。従来と同程度の発光強度を得る場合には、従来よりもソース-ドレイン間電圧を低くすることができる。また、ソース-ドレイン間電圧を適切に設定すれば、これら2つの効果を同時に得ることができる。更に、発光に寄与しない正孔の数が減少するため、発光効率を高くすることができる。

【0021】

なお、ドレイン電極及びソース電極は絶縁膜に接している必要はなく、例えばこれらの電極と絶縁膜の間にも発光体層が存在していても構わない。しかし、上記のようにキャリアをゲート電極側に引きつけ易くするために、ドレイン電極及びソース電極は絶縁膜に接していることが望ましい。

【0022】

本発明のLEFETでは、上記構成により発光体層にキャリアを効率よく供給し、更にゲート電圧を印加することにより、絶縁膜近傍における該キャリア密度を高くすることができる。このような高キャリア密度下では、基底状態にあるキャリアよりも励起状態にあるキャリアの方が多数の反転分布の状態を実現することができる。この反転分布状態において発光した光を更に共振又は干渉させることにより、レーザ発光を実現することができる。また、ゲート電圧のON/OFFによりレーザ発光をON/OFFすることができる。分布帰還(DFB: distributed feedback)型のレーザ光源として、回折格子を用いたものが知られている。本発

明においては、このDFBをLEFETに適用した。

【0023】

第1態様のレーザ光源では、ソース電極とドレイン電極の間にそれらとは別体の回折格子を設けることにより、上記干渉を生じさせ、それによりレーザ発光を得る。この回折格子は、例えば絶縁膜の表面に格子状の凹凸を形成することにより設けることができる。また、絶縁膜とは別体の回折格子を絶縁膜上に載置してもよい。

【0024】

第2態様のレーザ光源では、多くのFETで用いられる櫛形電極により回折格子を形成する。ソース電極の櫛の歯とドレイン電極の櫛の歯を噛み合わせるように配置し、これらの歯を等間隔にすれば、それらから回折格子が形成される。これにより、別途回折格子の部材を設けることなく、レーザ光源を形成することができる。

【実施例】

【0025】

本発明に係る発光型トランジスタの第1の実施例を、図2を用いて説明する。低抵抗n型シリコン基板がゲート電極21として用いられる。この基板の一方の表面にはSiO₂酸化膜から成る絶縁膜22が形成される。絶縁膜22の上に、従来のLEFETと同様に、クロムから成る接着層23を挟んで、金から成るソース電極24が配置される。そして、絶縁膜22上に、ソース電極24から所定のチャンネル長だけ離間して、アルミニウムから成るドレイン電極25が配置される。アルミニウムはSiO₂との接着性がよいため、このドレイン電極25は絶縁膜22上に直接形成することができる。絶縁膜22の上に、ソース電極24及びドレイン電極25を覆うように、有機物から成る発光体層26が配置される。本実施例で用いた有機物は、上記MEH-PPVである。

【0026】

第1実施例のLEFETの製造方法を説明する。低抵抗n型シリコン基板を酸素雰囲気中で加熱し、表面にSiO₂酸化膜を形成する(a)。次に、SiO₂酸化膜上に、スピンコーティングによりレジスト271を塗布した後、ソース電極の形状に応じたマスク281によりレジスト271の表面を覆って、ソース電極のパターンをレジストに転写する(b)。そして、クロム、金の順に蒸着することにより、接着層23及びソース電極24を形成する(c)。レジスト271を除去した後、絶縁膜及びソース電極上に新しいレジスト272を塗布し、ドレイン電極用のマスク282によりレジスト表面を覆ってドレイン電極のパターンを転写する(d)。この時、マスクに位置合わせのためのガイドを設けておくことにより、所定の位置にドレイン電極のパターンを形成することができる。次に、アルミニウムを蒸着してドレイン電極25を形成する(e)。レジストを除去後、キャスト法により発光体層26を形成し、第1実施例のLEFETが完成する(f)。

【0027】

第1実施例のLEFETの動作を説明する。ゲート電極21に負のゲート電圧V_Gを印加しつつ、ソース電極24とドレイン電極25の間にソースドレイン間電圧V_{SD}を印加する。これにより、ソース電極24から正孔が、ドレイン電極25から電子が、それぞれ発光体層26に注入される。発光体層26に注入された正孔と電子はこの層内で再結合し、これにより発光体が発光する。ゲート電圧V_GのON/OFFにより発光のON/OFFが制御されるという点では、従来のLEFETと同様である。しかし、本実施例ではドレイン電極25の材料に、金よりも仕事関数の小さいアルミニウムを用いるため、ドレイン電極25からの電子の注入量が従来のLEFETよりも多くなり、発光強度が増大する。また、ソース電極から注入された正孔が電子と再結合する確率が高くなるため、発光効率も向上する。

【0028】

本発明のLEFETの第2の実施例を、図4を用いて説明する。本実施例のゲート電極21、絶縁膜22は第1実施例のものと同様である。絶縁膜22の上に、所定のチャンネル長だけ離間して一対のアルミニウム薄膜片311及び312を設け、アルミニウム薄膜片311及び312の上にそれぞれ金薄膜片321及び322を設ける。これらアルミニウム薄膜片と金薄膜片を合わせたものがソース電極34及びドレイン電極35となる。上記のよ

うにアルミニウムと絶縁膜(SiO_2)との接着性がよいため、本実施例では両方の電極共に、別途接着層を設ける必要がない。発光体層 26 は第 1 実施例のものと同様である。

【0029】

第 2 実施例の LEFET は、第 1 実施例のものと基本的には同様のフォトリソグラフィ法により製造される。但し、本実施例ではソース電極とドレイン電極が同じ構成であるため、1 回のレジスト形成、パターン転写及び蒸着（アルミニウム、金の順に行う）により、ソース電極とドレイン電極を同時に形成することができる。そのため、第 1 実施例よりも製造工程が短縮されるうえ、ソース電極とドレイン電極との位置ずれが生じることもない。

【0030】

第 2 実施例では、ソース電極 24 及びドレイン電極 25 は同じ構造を有するが、その機能はそれぞれ異なる。即ち、アルミニウムの仕事関数が金の仕事関数よりも小さいことから、ソース電極 24 においては金薄膜片 321 が主に正孔の注入に寄与し、ドレイン電極 25 においてはアルミニウム薄膜片 312 が主に電子の注入に寄与すると考えられる。この電極の機能を除き、第 2 実施例の LEFET の動作は第 1 実施例のものと同様である。

【0031】

本発明の LEFET の第 3 の実施例を、図 5 を用いて説明する。本実施例のゲート電極 21、絶縁膜 22 は第 1 及び第 2 実施例のものと同様である。ソース電極 44 は、アルミニウム薄膜片 41 の表面に金から成る被覆層 42 を形成したものである。ドレイン電極 45 はアルミニウムから成る。ソース電極 44、ドレイン電極 45 は共にアルミニウムが絶縁膜 22 に接するため、接着性がよい。なお、製造時には、アルミニウム薄膜片 41 とドレイン電極 45 が同時に作製される。発光体層 26 は第 1 及び第 2 実施例のものと同様である。

【0032】

第 3 実施例の LEFET の動作は、基本的には第 1 及び第 2 実施例のものと同様である。発光体層 26 への正孔の注入にはソース電極 44 の被覆層 42 の金が寄与し、電子の注入にはドレイン電極 45 のアルミニウムが寄与する。

【0033】

次に、本発明の LEFET の特性について、図 6 及び 7 を用いて説明する。ここでは、第 1 ～第 3 実施例の LEFET、及び図 1 に示した従来の LEFET（比較例）に対して行った特性測定の結果を示す。なお、比較例の接着層 131 及び 132 にはクロムを用いている。この比較例は、第 2 実施例のアルミニウムをクロムに置き換えたものである。

【0034】

第 1 ～第 3 実施例、比較例のいずれの LEFET においても橙色の発光が観測された。図 6 に、第 1 実施例の LEFET における発光スペクトルの測定結果を示す。第 2 及び第 3 実施例の LEFET から、強度を除いて同様の発光スペクトルが得られている。発光スペクトルは波長 590nm 付近にピークを持つ。

【0035】

但し、LEFET の発光強度は各実施例及び比較例の間で大きく異なる。図 7 (a) に、各 LEFET について、接地されたソース電極に対して -100V の電圧をドレイン電極に与えた時のゲート電圧 V_g と光電流の関係を測定した結果を示す。光電流は、LEFET が発した光をシリコンフォトダイオードに入力してその出力電流を測定したものであり、LEFET の発光強度を表すものである。この図に示したゲート電圧 V_g の領域では、比較例の LEFET からはほとんど発光が観測されなかった。それに対して第 1 及び第 3 実施例の LEFET では、明らかに比較例のものとは異なり、ゲート電圧 V_g がおおむね 40V 以上の領域において発光が観測され、LEFET が発光していることが確認された。また、第 2 実施例の LEFET でもゲート電圧 V_g が 80V 以上の領域において発光が観測されている。

【0036】

また、第 1 ～第 3 実施例のいずれも、 V_g が 0 の時には光電流が 0 であるため、ゲート電圧 V_g の ON/OFF により LEFET の発光の ON/OFF を制御できることがわかる。

【0037】

図7(b)に、(a)の測定におけるソースドレイン間電流 I_{SD} と光電流の関係を示す。比較例のLEFETよりも第1～第3実施例のLEFETの方が、より小さな電流 I_{SD} によってより大きい発光強度を得ることができると共に、消費電力を抑制することができる。

【0038】

なお、比較例では、ドレイン電極の接着層は発光体層に接しており、接着層に用いられているクロムの仕事関数の大きさは4.5eVであって金の仕事関数よりも小さい（但し、アルミニウムの仕事関数よりは大きい）ため、電子の注入にクロムの層が寄与していると考えられる。しかし、比較例の実験結果に示すように、ドレイン電極側にクロムの層を含んでいても十分な発光強度を得ることはできない。このことから、電子注入材料としては、クロムの仕事関数は大き過ぎるものと考えられる。

【0039】

次に、本発明のレーザ光源の第1の実施例を、図8を用いて説明する。図8の(a)は本実施例のレーザ光源の上面図（但し、後述の発光体層56は図示していない）、(b)は(a)中のA-A'間の断面図である。表面に絶縁膜52を形成したゲート電極51上に、上記第1実施例のLEFETと同様に接着層53、ソース電極54、ドレイン電極55及び発光体層56を形成する。なお、これらの各層は上記第2実施例や第3実施例のLEFETのもの等、上記本願発明に係るLEFETと同様のものを用いてもよい。また、ソース電極54及びドレイン電極55はいずれも、互いに略平行で且つ絶縁膜52の面内方向に伸びる棒状に形成した。これらの各層と共に、ソース電極54とドレイン電極55の間に回折格子57を設ける。回折格子57は、絶縁膜52の面内方向であってソース電極54及びドレイン電極55に垂直な方向に、棒状の部材を多数、互いに略平行に等間隔で設けたものである。

【0040】

本発明のレーザ光源の第2の実施例を、図9の上面図(a)及びB-B'間の断面図(b)を用いて説明する。本実施例では、ゲート電極61、絶縁膜62、発光体層66は第1実施例と同様に形成される。ソース電極64及びドレイン電極65は、共に櫛形の形状を有し、それぞれの櫛の歯が互いに歯の間に入って櫛同士が咬み合うように絶縁膜62上に配置される。このとき、ソース電極64及びドレイン電極65のそれぞれの歯641と651が等間隔になるようにする。この構成においては、歯641及び651が回折格子となる。なお、本実施例ではソース電極64と絶縁膜62の間に接着層63を設けているが、櫛形電極であれば、ソース電極64及びドレイン電極65の構成は上記第2実施例や第3実施例のLEFETのもの等であってもよい。

【0041】

第1実施例及び第2実施例のレーザ光源の動作を説明する。ここでは第1実施例の場合について説明するが、第2実施例の場合も同様である。ゲート電極51に電圧を印加しつつソース電極54－ドレイン電極55間に電圧を印加すると、上記LEFETと同様の原理により、発光体層56内で発光が得られる。本発明の構成では、ゲート電極への電圧印加により発光体層56内の絶縁膜52寄りの領域のキャリア密度が大きく、それにより上記反転分布の状態が形成される。その状態下で、発光した光が回折格子57により干渉して更に光の強度が高められることにより、レーザ発光を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】従来の発光型トランジスタの一例を示す断面図。

【図2】本発明の発光型トランジスタの第1実施例を示す断面図。

【図3】第1実施例の発光型トランジスタの製造方法を示す図。

【図4】本発明の発光型トランジスタの第2実施例を示す断面図。

【図5】本発明の発光型トランジスタの第3実施例を示す断面図。

【図6】比較例の発光型トランジスタにおける発光スペクトル（第1実施例も同様）を示すグラフ。

【図7】第1実施例及び比較例の発光型トランジスタにおける(a)ゲート電圧 V_G と光

電流及び(b)ソースドレイン間電流 I_{SD} と光電流の関係を示すグラフ。

【図 8】本発明のレーザ光源の第 1 実施例を示す上面図及び断面図。

【図 9】本発明のレーザ光源の第 2 実施例を示す上面図及び断面図。

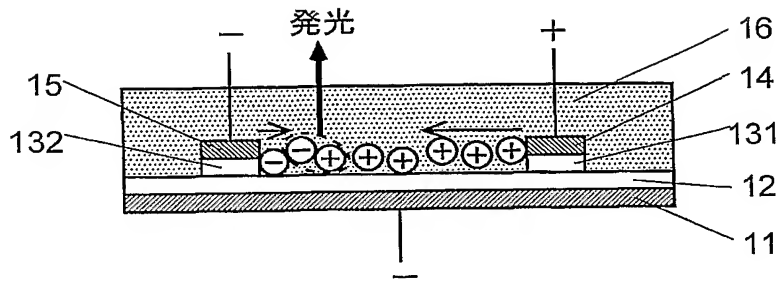
【符号の説明】

【0 0 4 3】

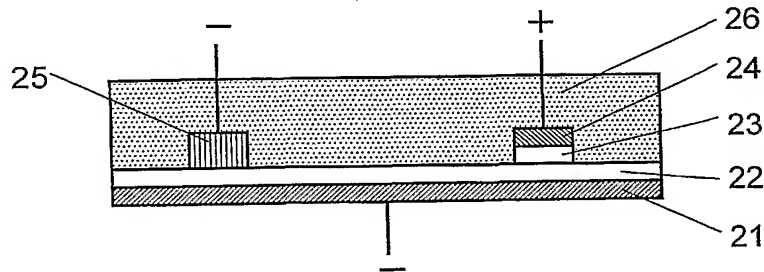
- 1 1、2 1、5 1、6 1…ゲート電極
- 1 2、2 2、5 2、6 2…絶縁膜
- 1 3 1、1 3 2、2 3、5 3、6 3…接着層
- 1 4、2 4、3 4、4 4、5 4、6 4…ソース電極
- 1 5、2 5、3 5、4 5、5 5、6 5…ドレイン電極
- 1 6、2 6、5 6、6 6…発光体層
- 2 7 1、2 7 2…レジスト
- 2 8 1、2 8 2…マスク
- 3 1 1、3 1 2、4 1…アルミニウム薄膜片
- 3 2 1、3 2 2…金薄膜片
- 4 2…被覆層
- 6 4 1、6 4 2…楕形電極の歯

【書類名】 図面

【図 1】

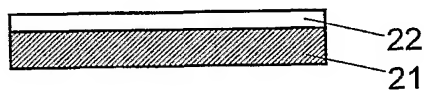


【図 2】

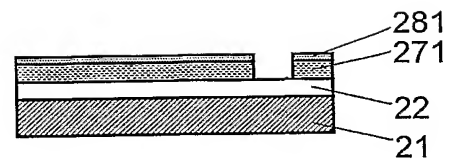


【図 3】

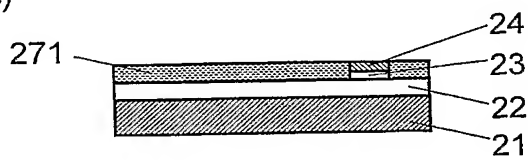
(a)



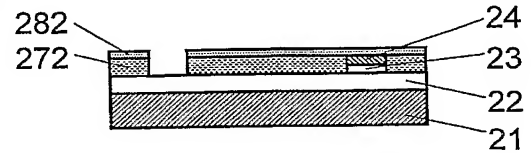
(b)



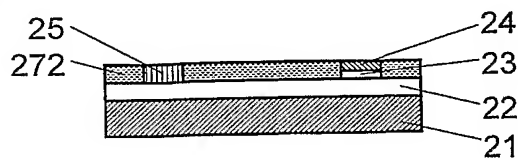
(c)



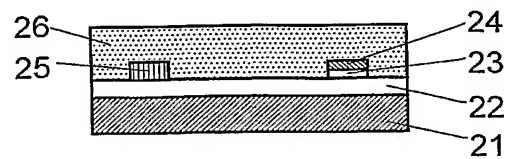
(d)



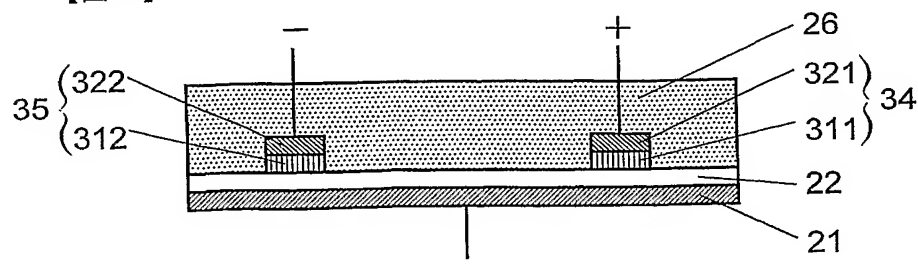
(e)



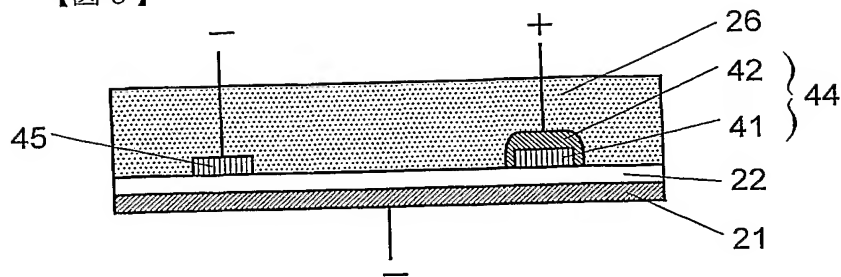
(f)



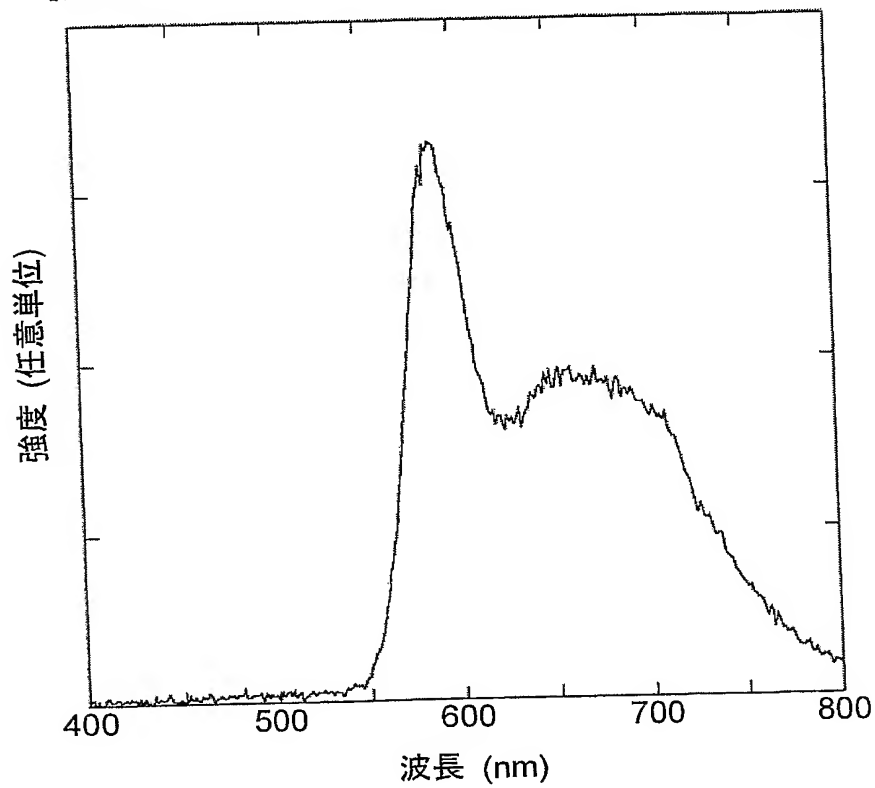
【図 4】



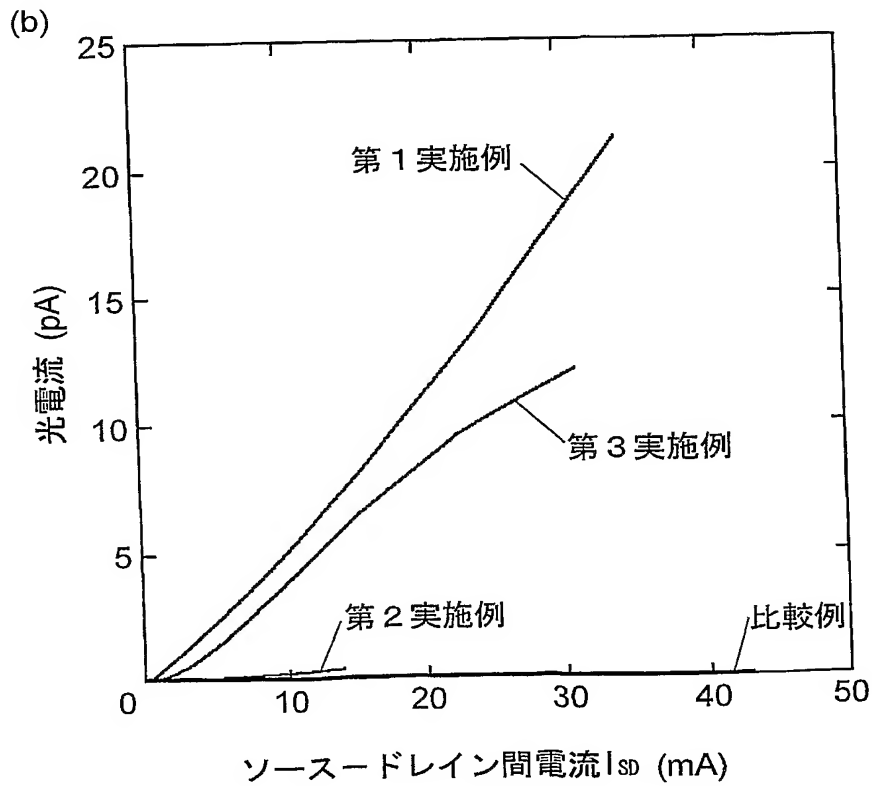
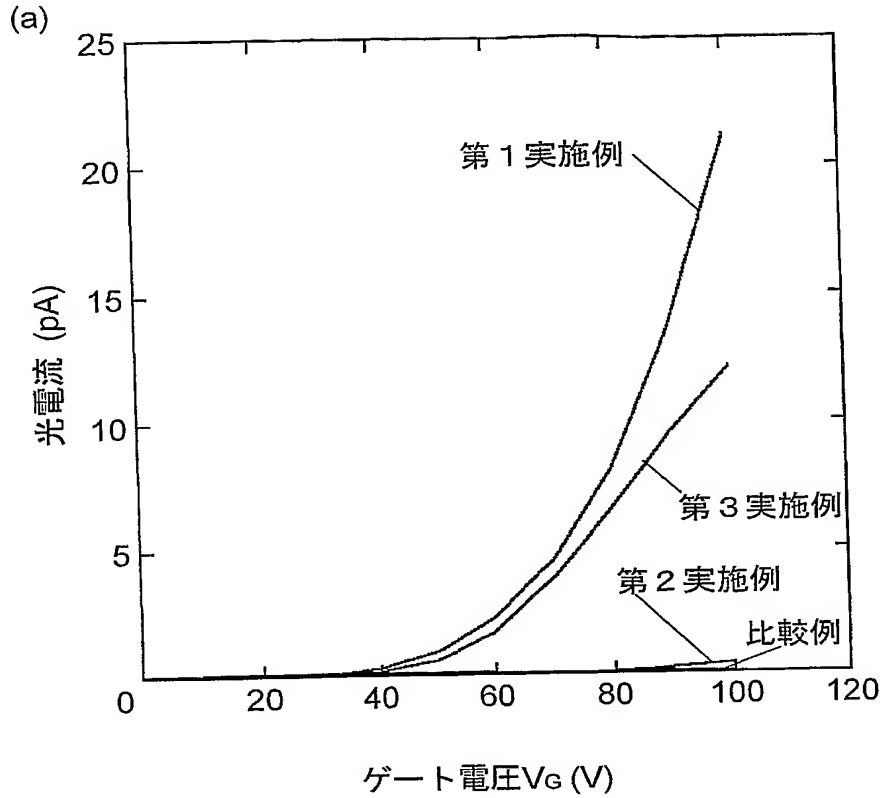
【図 5】



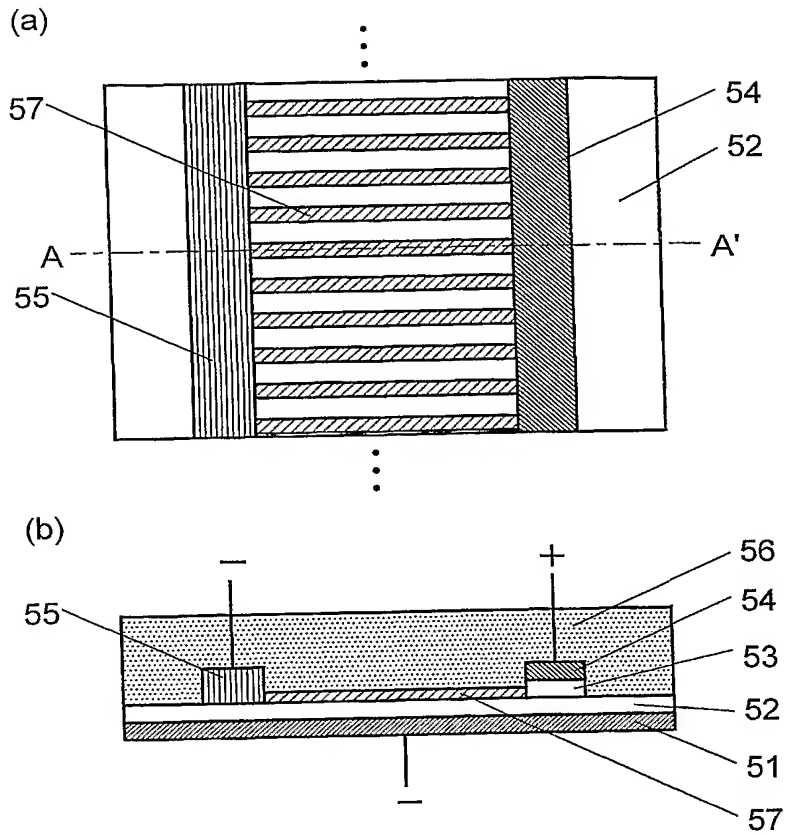
【図 6】



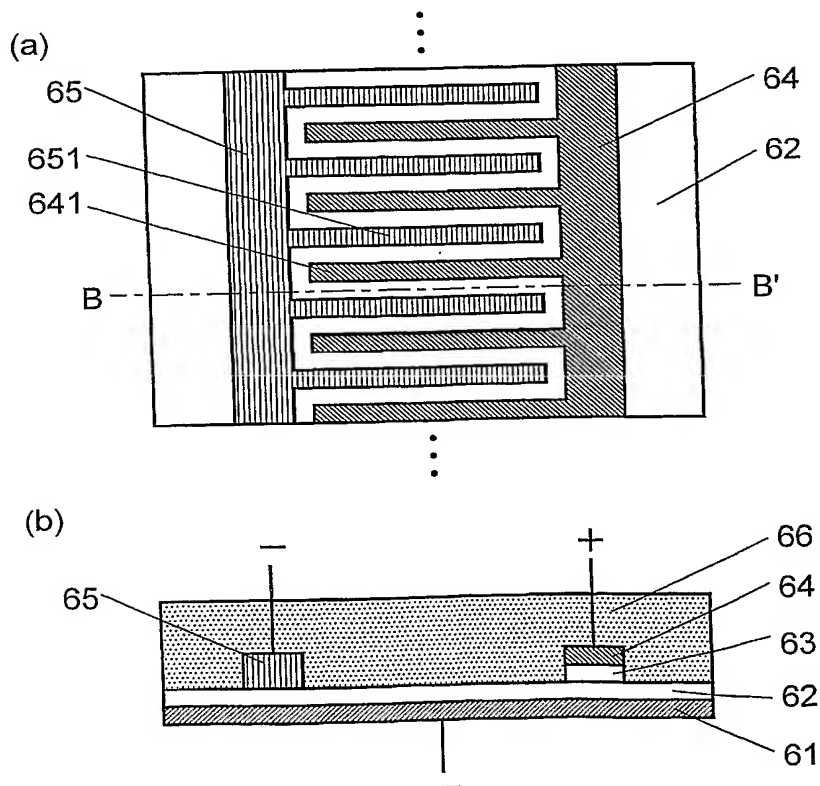
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スイッチング機能を有する発光素子である発光型トランジスタ(LEFET)であって、十分な発光強度を得ることができ、より発光効率が高いものを提供する。

【解決手段】 ドレイン電極 25 の材料にアルミニウムを、ソース電極 24 の材料に金を用いる。ソース電極 24 - ドレイン電極 25 間に電圧を印加することにより、ソース電極 24 から正孔が、ドレイン電極 25 から電子が、それぞれ発光体層 26 に注入される。正孔と電子が再結合して、発光体層 26 が発光する。発光のON/OFFはゲート電圧のON/OFFにより制御される。従来はドレイン電極にも金を用いていたのに対して、本発明では金よりも仕事関数の小さいアルミニウムを用いることにより、より低い電圧でより多くの電子を発光体層 26 に注入することができる。そのため、発光強度及び発光効率が向上する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 4 - 0 3 8 9 5 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 0 3 3 6 0 1 1 5]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 1 0 月 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	埼玉県川口市本町 4 丁目 1 番 8 号
氏 名	独立行政法人 科学技術振興機構

2. 変更年月日	2 0 0 4 年 4 月 1 日
[変更理由]	名称変更
住 所	埼玉県川口市本町 4 丁目 1 番 8 号
氏 名	独立行政法人科学技術振興機構